



Monitoraggio della qualità dell'aria nel territorio dei comuni
di Agenda 21 dei laghi mediante campagne di rilevamento
del biossido di azoto e del PM10

Il Responsabile del Laboratorio
(Dott. Aldo Revelli)

Il Responsabile Tecnico
(Dott. Franco Monicelli)

8° Forum – Ispra, 4 aprile 2009

Sommario

1	INTRODUZIONE.....	3
2	IL CONTESTO TERRITORIALE	3
2.1	Normative regionali	3
3	LE CONOSCENZE PREESISTENTI	5
4	PROGETTAZIONE DELLA CAMPAGNA DI MISURE	6
5	GENERALITÀ SULLA STRUMENTAZIONE DI CAMPIONAMENTO E SUI PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO	8
5.1	Campionamento del PM10.....	8
5.2	Campionamento del Biossido di azoto.....	9
5.2.1	Funzionamento.....	9
5.3	Principio del funzionamento	10
5.4	Estrazione del campione e analisi	10
6	IL QUADRO EMISSIVO.....	11
7	COMUNE	13
7.1	Emissioni percentuali di NOx su scala comunale.....	13
7.2	Emissioni percentuali di PM10 su scala comunale.....	13
8	RISULTATI.....	14
9	BIBLIOGRAFIA	19
10	APPENDICE: DATI MEDI SETTIMANALI.....	20
10.1	Dati settimanali ossidi di azoto	20
10.2	Dati settimanali PM10	22

1 INTRODUZIONE

Questo lavoro si iscrive nelle attività di monitoraggio ambientale promosse da Agenda 21 Laghi e si riferisce ad un'indagine sulla qualità dell'aria condotta nel periodo settembre 2007 – giugno 2008 nei comuni di Angera, Ispra, Leggiuno, Malgesso, Mercallo, Sesto Calende, Varano Borghi e Vergiate.

2 IL CONTESTO TERRITORIALE

2.1 Normative regionali

La Regione Lombardia, con la DGR n. 5290 del 2 agosto 2007, ha approvato una nuova suddivisione del territorio regionale in zone e agglomerati per l'attuazione delle misure finalizzate al conseguimento degli obiettivi di qualità dell'aria ambiente, aggiornando la precedente zonizzazione contenuta nella DGR n. 6501 del 19 ottobre 2001.

In particolare, sono individuate le zone:

A – caratterizzata da concentrazioni più elevate di PM10, particolarmente di origine primaria, più elevata densità di emissioni di PM10 primario, NOx e COV, situazione meteorologica avversa per la dispersione degli inquinanti, alta densità abitativa, di attività industriali e di traffico e costituita da:
zona A1 – Agglomerati urbani – area a maggior densità abitativa e con maggior disponibilità di trasporto pubblico locale organizzato

zona A2 – Zona urbanizzata - area a minor densità abitativa ed emissiva rispetto alla zona A1.

B – Zona di pianura, caratterizzata da concentrazioni elevate di PM10, con maggiore componente secondaria, alta densità di emissione di PM10 e NOx, sebbene inferiore a quella della zona A, alta densità di emissione di NH3 (di origine agricola e da allevamento), situazione meteorologica avversa per la dispersione degli inquinanti, densità abitativa intermedia, con elevata presenza di attività agricole e di allevamento.

C – caratterizzata da concentrazioni di PM10 in generale più limitate, minor densità di emissioni di PM10 primario, NOx, COV antropico e NH3, importanti emissioni di COV biogeniche, orografia montana, situazione meteorologica più favorevole alla dispersione degli inquinanti, bassa densità abitativa e costituita da:

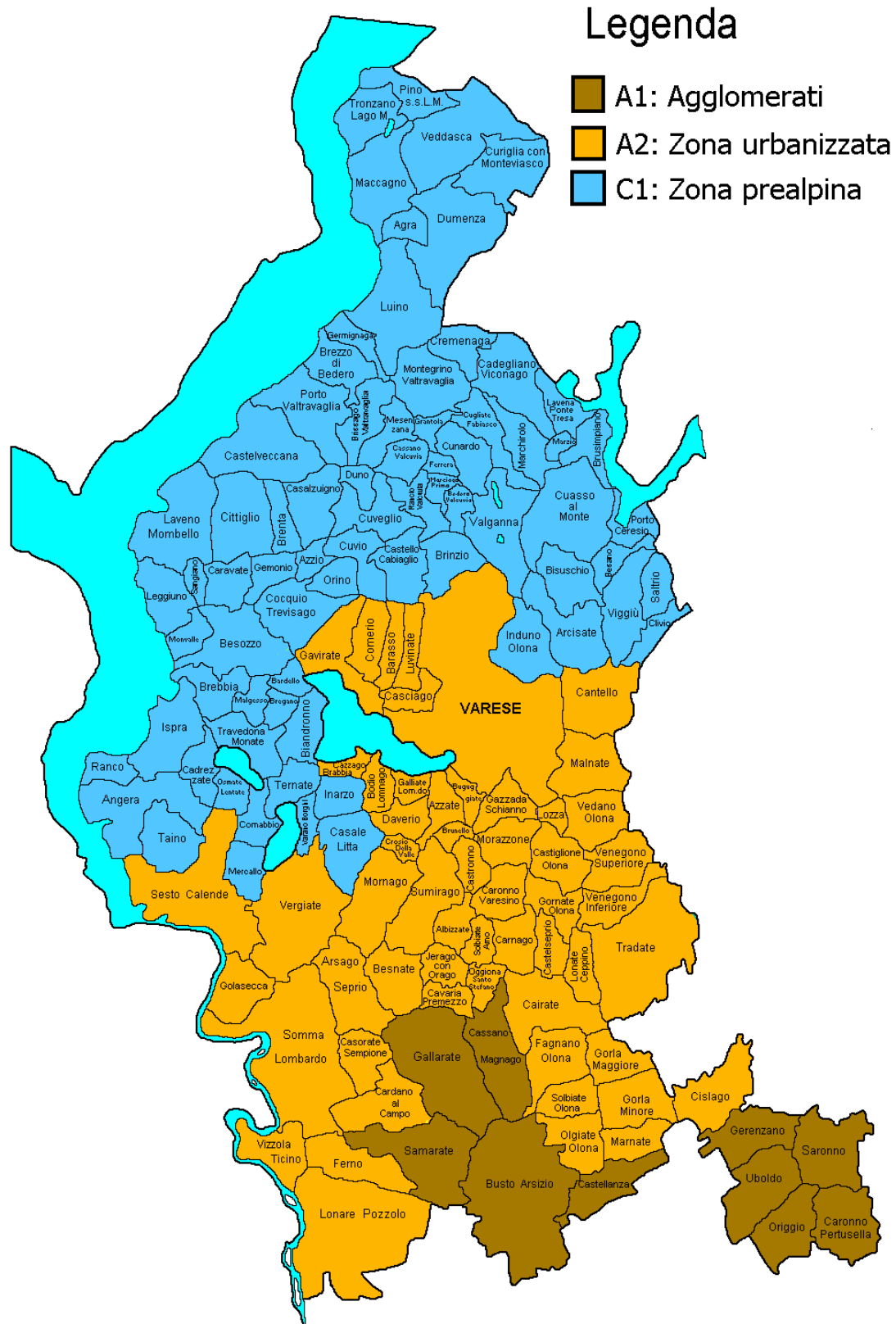
zona C1 – Zona prealpina e appenninica – fascia prealpina e appenninica dell'Oltrepò Pavese, più esposta al trasporto di inquinanti provenienti dalla pianura, in particolare dei precursori di ozono

zona C2 – Zona alpina.

I Comuni del territorio provinciale di Varese ricadono in parte in zona A1, in parte in zona A2 e in parte in zona C1.

Se restringiamo lo sguardo all'area oggetto di questo monitoraggio, troviamo che due comuni sono inclusi in area A2 (Sesto Calende e Vergiate), mentre gli altri sei ricadono in area C1 (Angera, Ispra, Leggiuno, Malgesso, Mercallo e Varano Borghi).

La figura che segue, tratta dal Rapporto sulla Qualità dell'Aria di Varese e provincia – anno 2007, redatto da ARPA Lombardia, mostra il quadro complessivo della zonizzazione provinciale.



(fonte: Arpa Lombardia)

3 LE CONOSCENZE PREESISTENTI

La qualità dell'aria nel territorio provinciale varesino è costantemente monitorata dalle stazioni che appartengono alla Rete di Rilevamento, la cui configurazione è consultabile sul sito www.arpalombardia.it

Si osserva che nessuna stazione è collocata nei Comuni oggetto di questo studio. Tuttavia in alcuni di essi, o in alcuni comuni limitrofi, sono state in passato eseguite rilevazioni con il laboratorio mobile di ARPA e le relazioni descrittive dei risultati si ritrovano sul medesimo sito Internet citato.

Ci riferiamo in particolare ai comuni di Sesto Calende e Vergiate, oggetto di due campagne di misura consecutive nell'anno 2005 e al comune di Osmate, limitrofo all'area oggetto dello studio, in cui è stata condotta una campagna di misura nell'inverno 2006/2007.

Queste analisi avevano evidenziato una situazione simile a quella riscontrata nelle altre stazioni della rete provinciale.

In particolare, nel comune di Sesto Calende, nonostante la presenza della S.S. 33, i valori di NO₂ riscontrati nella posizione di misura, sopraelevata rispetto al piano stradale, ma scelta ed identificata come recettore sensibile per la presenza di una scuola materna, erano generalmente inferiori a quelli riscontrati nelle altre stazioni da traffico della Provincia. Per quanto riguarda il PM10, i valori medi erano leggermente superiori rispetto a quanto rilevato nelle altre città, così come il numero di superamenti della soglia di 50 µg/m³.

La postazione di misura di Vergiate era stata scelta nell'ambito di un programma di valutazione delle possibili ricadute sul territorio comunale delle emissioni provenienti dal Cementificio Holcim e quindi collocata sul lago di Comabbio, in località Corgeno. Ciò aveva comunque consentito di valutare la qualità dell'aria globale in un'area periferica del territorio comunale, non direttamente influenzata dalla presenza di sorgenti locali. Anche in questo caso i valori di NO₂ erano tra i più bassi rilevati in provincia, e i valori medi e massimi di PM10 erano leggermente inferiori rispetto a quanto rilevato nelle altre città, anche se durante numerose giornate era stata superata la soglia di 50 µg/m³.

Infine, nel comune di Osmate era risultato interessante il dato relativo al particolato fine (PM10), la cui presenza era stata riscontrata in modo significativo con concentrazioni paragonabili a quelle della città di Varese.

4 PROGETTAZIONE DELLA CAMPAGNA DI MISURE

Sulla base delle conoscenze disponibili, si è scelto di incentrare l'attenzione su due inquinanti:

- il particolato fine (PM10)
- gli ossidi d'azoto.

Si tratta infatti di due inquinanti diffusamente presenti sul territorio provinciale e per i quali sono ancora rilevanti i superamenti dei valori limite posti dalla normativa: ciò accade in particolar modo per il PM10. Inoltre sono inquinanti non solo primari (quindi emessi direttamente da determinate fonti), ma secondari, cioè sono presenti in atmosfera anche per effetto di reazioni chimiche che avvengono tra composti primari. Per questa ragione se ne possono trovare concentrazioni importanti anche lontano dalle fonti di emissione.

Ricordiamo brevemente che con il termine PM10 si intende la frazione di particolato con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm, che è in grado di penetrare nelle prime vie respiratorie (naso, faringe, laringe). Il PM10, oltre ad essere emesso per cause naturali (erosione del suolo, incendi boschivi, pollini, aerosol marino, eruzioni vulcaniche), trova in numerose attività antropiche una fonte di emissione primaria (combustioni, traffico autoveicolare). È inoltre rilevante, in percentuale variabile a seconda del sito e delle condizioni atmosferiche, la presenza di una componente secondaria, dovuta alle reazioni tra composti precursori, quali SO₂, NO_x, NH₃ e COV. Invece gli ossidi di azoto vengono prodotti durante i processi di combustione a causa della reazione che, ad elevate temperature, avviene tra l'azoto e l'ossigeno contenuto nell'aria. Quindi risultano prodotti nei processi di combustione ad alta temperatura che riguardano, ad esempio, impianti di riscaldamento, motori dei veicoli, processi industriali, centrali di potenza, ecc. L'NO₂ è un inquinante per lo più secondario, che si forma in seguito all'ossidazione in atmosfera dell'NO.

La normativa italiana di riferimento è costituita dal D.M. 60/02, recepimento delle direttive comunitarie 1999/30/CE e 2000/69/CE, che fissa i limiti per ciascuna di queste sostanze.

INQUINANTE	DEFINIZIONE DEL LIMITE	VALORE LIMITE
NO ₂	Valore limite protezione salute umana (media oraria da non superare più di 18 volte per anno civile)	200 µg/m ³
	Valore limite protezione salute umana (media annua)	40 µg/m ³
	Soglia di allarme (media oraria - rilevati su 3 ore consecutive)	400 µg/m ³
PM10	Valore limite protezione salute umana (media giornaliera da non superare più di 35 volte per anno civile)	50 µg/m ³
	Valore limite protezione salute umana (media annua)	40 µg/m ³

I limiti riportati per il biossido d'azoto entreranno in vigore nell'anno 2010. Durante questa fase intermedia si considerano valori limite aumentati del margine di tolleranza. Pertanto per il valore limite orario per la protezione della salute umana si considerano 230 µg/m³ nell'anno 2007 e 220 µg/m³ nell'anno 2008; analogamente per il valore medio annuale si considerano, rispettivamente, 46 e 44 µg/m³.

Le analisi condotte per questo studio non hanno avuto lo scopo di caratterizzare puntualmente il rispetto della normativa nei Comuni oggetto dell'indagine, ma di verificare, per brevi periodi di tempo, in diverse stagioni dell'anno, i livelli raggiunti, anche in confronto con le altre stazioni della Rete di Rilevamento della Qualità dell'Aria.

Sono quindi stati individuati i seguenti punti di misura:

- Angera – zona industriale
- Ispra –area Fornaci
- Ispra Barza –area pozzi acquedotto Provinciale
- Leggiuno municipio–
- Malgesso municipio
- Malgesso abitazione fronte Superstrada
- Mercallo –scuole elementari
- Sesto Calende – ristorante Tivoli, area Sempione
- Varano Borghi – zona Boffalora
- Vergiate –scuole medie

La postazione di Angera è situata ai margini dell'area industriale e lontano dal traffico veicolare. In quest'area a carattere prevalentemente artigianale e piccolo industriale non vi sono molte fonti di inquinamento atmosferico dal momento che le aziende presenti appartengono in prevalenza al settore meccanico

La postazione di Ispra è collocata all'interna di una villa nei pressi del Lago Maggiore in un'area verde lontana da qualsiasi fonte di inquinamento fatta eccezione per un grosso cantiere edile operativo per tutto il periodo di monitoraggio.

La postazione di Barza è ubicata nell'area pozzi dell'Acquedotto Provinciale in una zona agricola relativamente lontana dal traffico veicolare.

La postazione di Leggiuno è situata nella piazza principale del paese in una zona contraddistinta da un certo traffico veicolare; questa stazione in linea d'aria dista circa 5 Km da un grosso cementificio (Colacem) ubicato al termine della Valcuvia.

La postazione di Malgesso municipio è collocata sul tetto del Municipio in una zona contraddistinta da un modesto traffico veicolare.

La postazione di Malgesso abitazione è invece situata nei pressi del semaforo di Malgesso della Superstrada Vergiate Besozzo e quindi in una zona con un intenso traffico; non lontano da questa

postazione vi è anche un grosso complesso industriale contraddistinto da emissioni di un certo peso.

La postazione di Mercallo è situata nella parte alta del paese in una zona residenziale con un modesto traffico veicolare. a sud ovest del cementificio Holcim

La postazione di Sesto Calende è situata nei pressi di uno dei semafori presenti sul Sempione nel comune di Sesto Calende e quindi in una zona contraddistinta da un traffico molto intenso.

La postazione di Varano Borghi è ubicata nella parte alta del paese in località Boffalora, una zona residenziale con un modesto traffico veicolare, a sud est del cementificio Holcim.

La postazione di Vergiate è situata nella parte alta del paese in una zona residenziale con un modesto traffico veicolare.

In ciascuno di essi si è collocato per una settimana circa un campionatore passivo per la successiva determinazione in laboratorio degli ossidi di azoto e un campionatore volumetrico equipaggiato con una testata di prelievo per PM10 per la raccolta del particolato su membrana.

Le settimane di campionamento sono state calendarizzate in modo da ricadere nei mesi di settembre, ottobre, novembre e dicembre 2007, gennaio, febbraio, marzo, aprile, maggio e giugno 2008.

5 GENERALITÀ SULLA STRUMENTAZIONE DI CAMPIONAMENTO E SUI PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO

5.1 Campionamento del PM10

Si tratta di un campionamento attivo reso possibile da una pompa alimentata con corrente elettrica che aspira l'aria circostante determinando un flusso d'aria forzato attraverso un sistema di ugelli acceleratori in modo che solo le particelle con un diametro aerodinamico inferiore ad un certo valore (PM10) riescono a seguire il flusso per venire quindi campionate su un filtro a valle. Il flusso di campionamento classifica il tipo di campionatore; nel nostro caso specifico si tratta di un campionatore ad alto volume dal momento che opera a 2,3 m³/h.

La massa di particolato che si accumula sul filtro è successivamente determinata mediante pesatura del filtro con bilancia analitica.

Ciascun campionatore è dotato di Testa di prelievo PM10 (sampling inlet): il sampling inlet PM10 dell'analizzatore è realizzato secondo disegno riportato nella EN12341 del novembre 1998 (Annex B.1LVS-PM10 reference sampler) per flusso di campionamento operativo di 2,3 m³/h.

La portata di campionamento è quella nominale per la quale la testa di prelievo ha taglio granulometrico rispettivamente pari a PM10 con tolleranza pari a quanto previsto dal DM60/02.

Il sistema è strutturato in modo tale da proteggere il filtro ed il campionatore dalle precipitazioni ed impedire che vengano campionati insetti ed altri detriti.

Il campionatore dispone di un dispositivo per il controllo della portata in grado di mantenerne la portata di esercizio entro i limiti specificati per il sistema di ingresso dell'aria del campionatore durante le normali variazioni di voltaggio della linea elettrica e le cadute di pressione del filtro.

Il mezzo filtrante utilizzato era costituito da filtri in fibra di vetro del diametro di 47 mm condizionati e pesati prima del loro impiego.

5.2 Campionamento del Biossido di azoto

Si tratta di un campionamento "passivo" che sfrutta la legge della diffusione molecolare per arricchire un substrato adsorbente specifico delle sostanze presenti nell'aria sotto forma di gas o vapori.

Questo processo si ottiene esponendo all'aria il campionatore diffusivo per un lasso di tempo tale da ottenere un'aliquota di inquinante sufficiente per l'analisi.

Si tratta di una tipologia di campionamento molto semplice che non richiede né l'impiego di pompe né di fonti di energia.



Figura 1: preparazione radiello

5.2.1 Funzionamento

Il funzionamento è basato sulla prima legge di Fick che esprime in termini matematici la relazione tra le grandezze fisiche che regolano lo spostamento nell'aria delle molecole in funzione del gradiente di concentrazione.

Il campionamento è reso possibile da un dispositivo diffusionale dotato di apertura e da un corpo assorbente posto al fondo di un percorso di sezione costante che favorisce l'instaurarsi di un gradiente di concentrazione tra l'ambiente da campionare e lo strato reattivo assorbente.

Lo strato reattivo quando entra in contatto con il composto da campionare ne determina il cambio di stato e il suo intrappolamento sino a saturazione dello stato assorbente.

Il passaggio di stato fa sì che sino a saturazione si mantenga inalterato il gradiente e quindi anche la capacità di campionamento del corpo assorbente.

Il tratto di cilindro vuoto che va dall'apertura esterna al materiale assorbente prende il nome di cammino diffusionale.

Per questa indagine sono stati impiegati dei campionatori a simmetria radiale.

Un campionatore a simmetria radiale è caratterizzato da una superficie diffusiva cilindrica anziché piana, da un adsorbente anch'esso cilindrico, interno e coassiale alla superficie diffusiva, e un percorso diffusivo parallelo al raggio.

Con questa tipologia di campionatore la sezione del cilindro può essere più grande rispetto ad un campionatore assiale senza dover aumentare conseguentemente la quantità di adsorbente e riuscendo comunque a mantenere costante la distanza in ogni punto; non solo con questa tipologia di campionatore, a parità di accuratezza e precisione, consente una maggiore velocità di captazione e conseguentemente una sensibilità più elevata.



Figura 2: stazione di campionamento biossido di azoto

5.3 Principio del funzionamento

Il principio su cui si poggia la determinazione degli ossidi di azoto è la cattura dei nitriti da parte della superficie adsorbente e la successiva analisi mediante cromatografia ionica del nitrito presente nella soluzione di eluente con cui si effettua l'estrazione.

5.4 Estrazione del campione e analisi

La soluzione estraente è l'eluente utilizzato per la cromatografia ionica e cioè una soluzione di sodio carbonato 339 mg/l e sodio idrossido carbonato 84 mg/l.

Per facilitare l'estrazione normalmente si centrifuga per un minuto ciascun adsorbitore dopo che lo stesso è stato posto a contatto con 5 ml di eluente.

Il biossido di azoto viene successivamente determinato tramite cromatografia ionica; il successivo calcolo della concentrazione tiene conto sia di un bianco, sia della temperatura di campionamento che è stata rilevata durante tutte le campagne di monitoraggio.

6 IL QUADRO EMISSIVO

Ricordiamo brevemente che con il termine PM10 si intende la frazione di particolato con diametro aerodinamico inferiore a 10 μm , che è in grado di penetrare nelle prime vie respiratorie (naso, faringe, laringe). Il PM10, oltre ad essere emesso per cause naturali (erosione del suolo, incendi boschivi, pollini, aerosol marino, eruzioni vulcaniche), trova in numerose attività antropiche una fonte di emissione primaria (combustioni, traffico autoveicolare). È inoltre rilevante, in percentuale variabile a seconda del sito e delle condizioni atmosferiche, la presenza di una componente secondaria, dovuta alle reazioni tra composti precursori, quali SO_2 , NO_x , NH_3 e COV.

Invece gli ossidi di azoto vengono prodotti durante i processi di combustione a causa della reazione che, ad elevate temperature, avviene tra l'azoto e l'ossigeno contenuto nell'aria. Quindi risultano prodotti nei processi di combustione ad alta temperatura che riguardano, ad esempio, impianti di riscaldamento, motori dei veicoli, processi industriali, centrali di potenza, ecc. L' NO_2 è un inquinante per lo più secondario, che si forma in seguito all'ossidazione in atmosfera dell' NO .

Risulta quindi interessante considerare il quadro emissivo dell'area oggetto dello studio. Per far ciò ricorriamo ai dati dell'inventario Regionale delle Emissioni (INEMAR), realizzato dalla Regione Lombardia e da ARPA Lombardia, per la descrizione approfondita del quale si rimanda al seguente indirizzo Internet:

<http://www.ambiente.regione.lombardia.it/inemar/inemarhome.htm>.

Va premesso che l'inventario è costruito su scala regionale e che la disaggregazione dei dati a livello comunale avviene per buona parte con l'uso di "variabili proxy", risultando quindi tanto più rappresentativa della reale situazione quanto più la variabile proxy utilizzata è in grado di esprimere il peso relativo delle sorgenti locali.

L'inventario considera le emissioni in atmosfera facendo riferimento ai macrosettori relativi all'inventario delle emissioni in atmosfera dell'Agenzia Europea per l'Ambiente CORINAIR (Cordination Information Air):

- Combustione per produzione di energia e trasformazione dei combustibili
- Combustione non industriale
- Combustione nell'industria
- Processi produttivi
- Estrazione e distribuzione combustibili
- Uso di solventi
- Trasporto su strada
- Altre sorgenti mobili e macchinari
- Agricoltura
- Altre sorgenti e assorbimenti

che a loro volta sono suddivisi in una pluralità di singole attività

Le tabelle successive riportano i dati emissivi per macrosettore ottenuti da INEMAR (inventario anno 2005 – dati per revisione pubblica).

DESCRIZIONE MACROSETTORE	COMUNE	Emissioni di NOx (t/anno)	Emissioni di PM10 (t/anno)
Combustione non industriale	ANGERA	10,33245	3,88957
	ISPRA	9,62155	6,315
	LEGGIUNO	5,87618	3,88669
	MALGESSO	2,10598	2,23906
	MERCALLO	3,44825	3,34939
	SESTO CALENDE	19,83737	7,18856
	VARANO BORGHI	4,80133	4,36252
	VERGIATE	19,94667	8,97016
Combustione nell'industria	ANGERA	6,45887	0,15506
	ISPRA	5,54327	0,22384
	LEGGIUNO	3,70578	0,09047
	MALGESSO	5,62596	0,1614
	MERCALLO	2,0423	0,05835
	SESTO CALENDE	17,34818	0,51067
	VARANO BORGHI	4,47322	0,03044
	VERGIATE	44,46058	0,9115
Processi produttivi	VERGIATE	0	4,14612
Uso di solventi	ANGERA	0,00135	0
Trasporto su strada	ANGERA	26,15706	2,42301
	ISPRA	30,67468	2,69048
	LEGGIUNO	16,16304	1,46089
	MALGESSO	23,31433	1,78767
	MERCALLO	47,07647	3,43942
	SESTO CALENDE	141,19549	10,78165
	VARANO BORGHI	9,76099	0,92157
	VERGIATE	172,28863	12,61126
Altre sorgenti mobili e macchinari	ANGERA	6,59294	0,82484
	ISPRA	8,55032	1,00042
	LEGGIUNO	7,13413	0,79815
	MALGESSO	5,92213	0,75676
	MERCALLO	1,46447	0,19106
	SESTO CALENDE	13,71878	1,77836
	VARANO BORGHI	0,81094	0,10269
	VERGIATE	6,36348	0,81731
Trattamento smaltimento rifiuti	VERGIATE	15,72622	0
Agricoltura	ANGERA	0,14439	0,0692
	ISPRA	0,09292	0,43497
	LEGGIUNO	0,01065	0,08762
	MALGESSO	0,01425	0,01581
	MERCALLO	0,00594	0,00147
	SESTO CALENDE	0,16547	0,04432
	VARANO BORGHI	0,0271	0,00062
	VERGIATE	0,02087	0,01265

(fonte: Regione Lombardia – Arpa Lombardia - inventario anno 2005 – dati per revisione pubblica)

Complessivamente, negli 8 comuni, si hanno le seguenti emissioni:

7 COMUNE	Emissioni di NOx (t/anno)	Emissioni di PM10 (t/anno)
ANGERA	49,8	7,9
ISPRA	54,9	11,8
LEGGIUNO	32,9	6,5
MALGESSO	37,0	5,0
MERCALLO	54,4	8,0
SESTO CALENDE	192,3	20,9
VARANO BORGHI	19,9	5,5
VERGIATE	259,5	29,6

distribuite percentualmente nei vari macrosettori nel modo seguente:

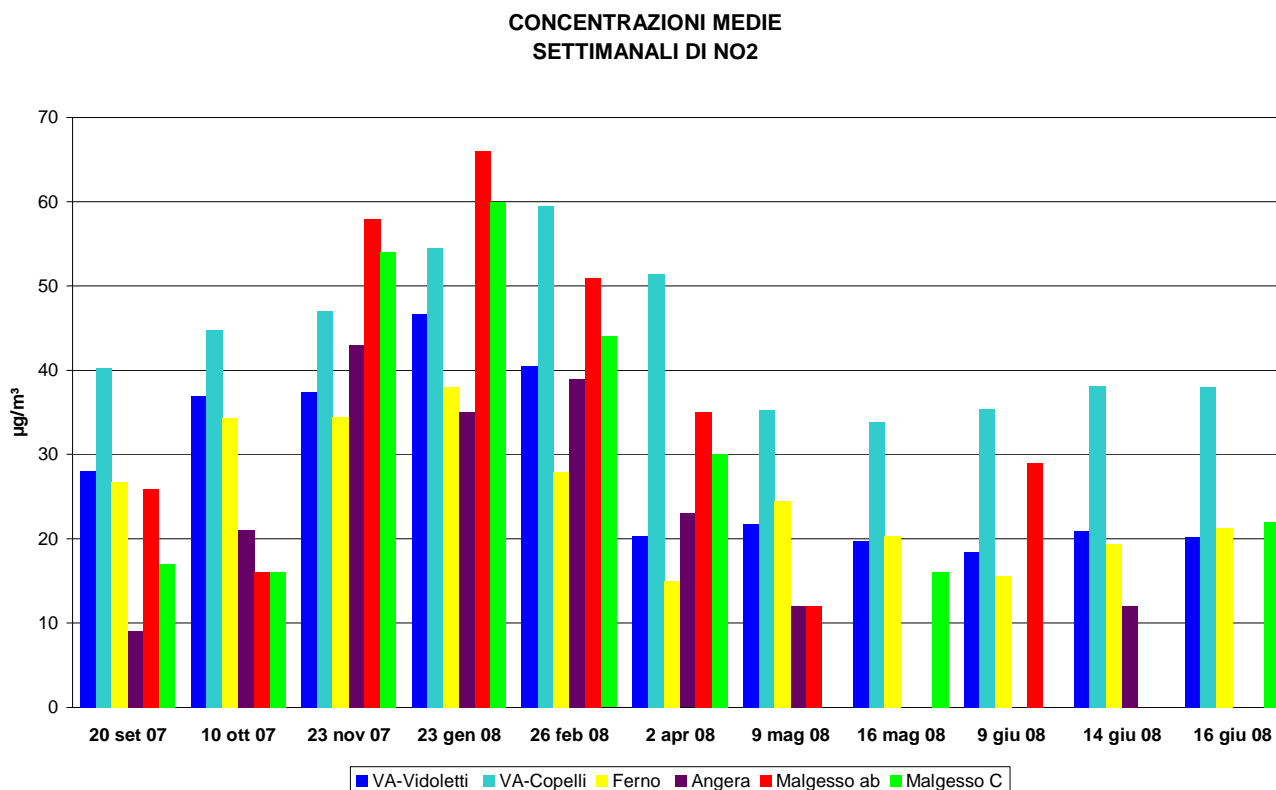
7.1 Emissioni percentuali di NOx su scala comunale								
Macrosettore	Angera	Ispra	Leggiuno	Malgesso	Mercallo	Sesto C.	Varano B.	Vergiate
Combustione non industriale	20,744%	17,539%	17,866%	5,695%	6,338%	10,316%	24,159%	7,685%
Combustione nell'industria	12,967%	10,105%	11,267%	15,212%	3,754%	9,022%	22,508%	17,130%
Uso di solventi	0,003%							
Trasporto su strada	52,513%	55,918%	49,143%	63,041%	86,526%	73,428%	49,115%	66,381%
Altre sorgenti mobili e macchinari	13,236%	15,587%	21,691%	16,013%	2,692%	7,134%	4,080%	2,452%
Trattamento e smaltimento rifiuti								6,059%
Agricoltura	0,290%	0,169%	0,032%	0,039%	0,011%	0,086%	0,136%	0,008%
Altre sorgenti e assorbimenti	0,248%	0,681%			0,680%	0,013%		0,285%

7.2 Emissioni percentuali di PM10 su scala comunale								
Macrosettore	Angera	Ispra	Leggiuno	Malgesso	Mercallo	Sesto C.	Varano B.	Vergiate
Combustione non industriale	48,992%	53,618%	59,871%	44,544%	41,947%	34,411%	78,830%	30,272%
Combustione nell'industria	1,953%	1,901%	1,394%	3,211%	0,731%	2,445%	0,550%	3,076%
Processi produttivi								13,992%
Trasporto su strada	30,519%	22,844%	22,504%	35,564%	43,075%	51,611%	16,653%	42,559%
Altre sorgenti mobili e macchinari	10,389%	8,494%	12,295%	15,055%	2,393%	8,513%	1,856%	2,758%
Trattamento e smaltimento rifiuti								0,000%
Agricoltura	0,872%	3,693%	1,350%	0,315%	0,018%	0,212%	0,011%	0,043%
Altre sorgenti e assorbimenti	7,275%	9,450%	2,587%	1,312%	11,836%	2,809%	2,101%	7,300%

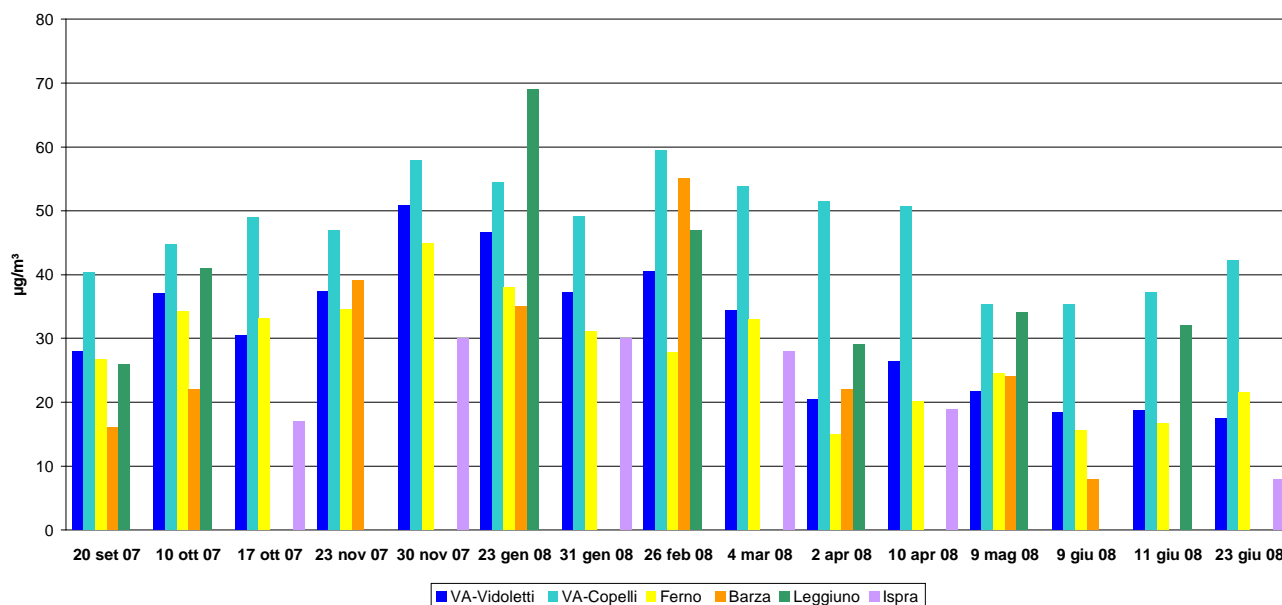
Per quanto riguarda gli ossidi di azoto, si vede che in tutti i comuni la sorgente prevalente è il trasporto su strada. Per il PM10, invece, le sorgenti locali principali sono la combustione non industriale e il trasporto su strada, con una prevalenza dell'una a o dell'altra a seconda del comune.

8 RISULTATI

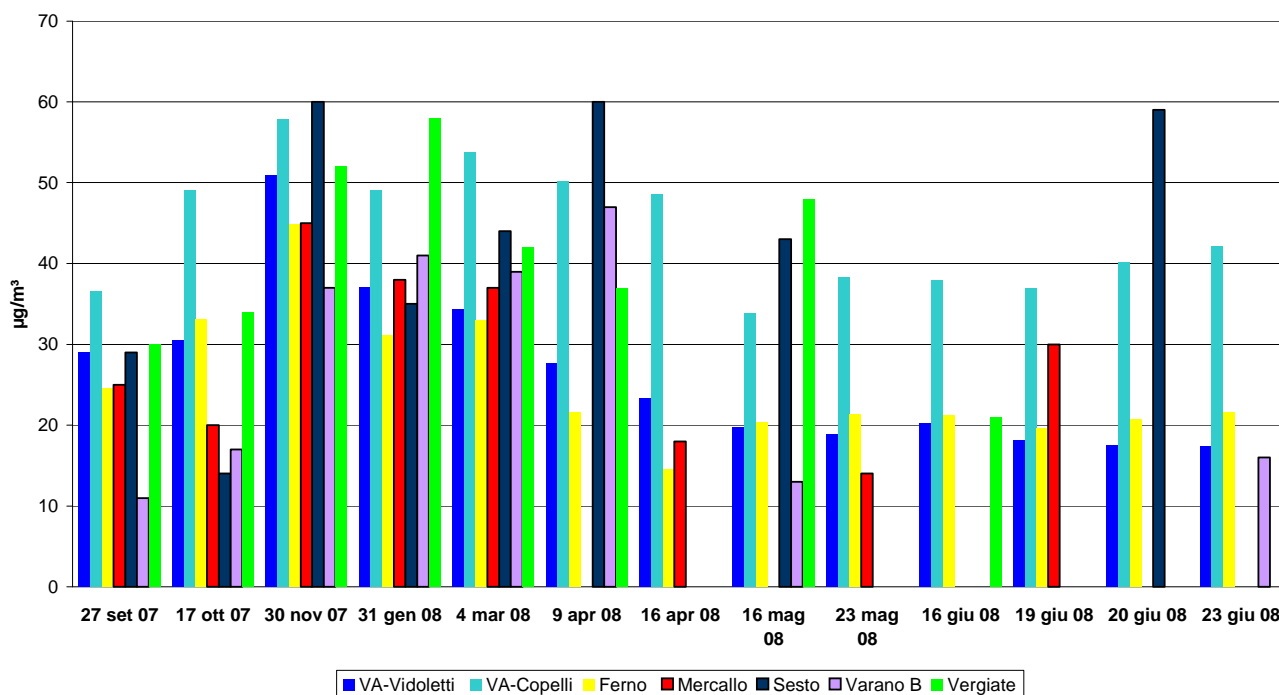
I grafici mostrano i risultati ottenuti nel corso dei campionamenti settimanali. Sono stati inseriti per un confronto qualitativo anche i valori di tre stazioni della rete di rilevamento della qualità dell'aria, gestite da ARPA Lombardia, che sono collocate nei comuni di Varese e Ferno, entrambi classificati in zona A2 (ricordiamo che la rete è progettata su base regionale e nessuna stazione appartenente alla classe C1 ricade in provincia di Varese). La scelta di queste cabine è motivata dal fatto che i comuni oggetto di questa campagna di misure ricadono in zona A2 o in zona C1: pertanto si sono escluse dal confronto sia le cabine collocate in zona A1, sia quelle che, pur collocate in zona A2, sono molto vicine alle testate pista dell'Aeroporto di Malpensa. Nonostante la non perfetta sincronia dei tempi di campionamento ed il diverso sistema di misura, infatti, si ritiene utile considerare un riferimento in grado di fornire dati con copertura annuale (dati ottenibili dal sito www.arpalombardia.it).



CONCENTRAZIONI MEDIE
SETTIMANALI DI NO₂



CONCENTRAZIONI MEDIE
SETTIMANALI DI NO₂



Si osserva nei grafici che durante il corso dell'anno i rapporti reciproci tra le concentrazioni provenienti dai vari punti di misura non sono costanti. La variabilità delle emissioni, unita alle diverse condizioni dispersive dell'atmosfera ed influenzata dai fenomeni di trasporto e di reazione delle sostanze chimiche, contribuisce a determinare locali situazioni di accumulo o riduzione degli inquinanti che possono mutare nel corso delle stagioni.

Tuttavia si osserva che alcune stazioni tendono ad esibire concentrazioni spesso superiori alle altre: si tratta delle postazioni di Sesto, Leggiuno, Malgesso (abitazione), maggiormente influenzate dal traffico autoveicolare, quindi da una sorgente primaria locale.

Per altre, invece, tipo Barza, Ispra e Angera, sembra prevalere un effetto di contenimento dei livelli, anche durante il periodo invernale, probabilmente a causa sia della ruralità dei siti scelti, sia dell'effetto del lago.

Varano Borghi mostra un comportamento intermedio, con qualche innalzamento dei livelli in periodo invernale e Vergiate risente probabilmente delle caratteristiche della zona A2 poiché, pur non essendo il punto direttamente esposto a sorgenti locali, i livelli medi non sono molto bassi.

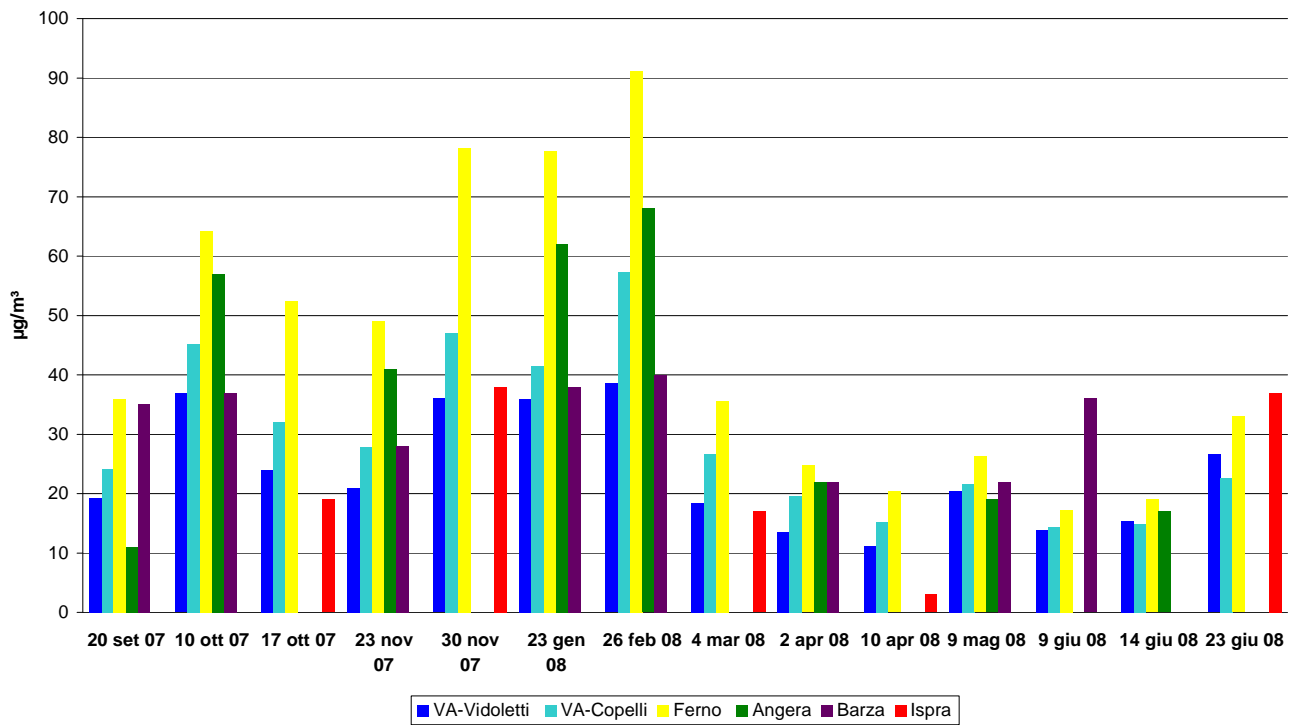
Tutto ciò si considera meglio, su scala complessiva, considerando il valor medio ottenuto in ciascun punto e raffrontandolo con le stazioni fisse della rete di monitoraggio per i medesimi periodi.

Concentrazioni medie di NO ₂ in µg/m ³										
	Angera	Barza	Leggiuno	Malgesso abitazione	Malgesso o Comune	Ispra	Mercallo	Sesto Calende	Varano Borghi	Vergiate
	24	28	40	37	32	22	28	43	28	40
VA- Vidoletti	32	31	30	31	31	33	30	31	31	31
VA - Copelli	46	46	46	46	46	50	46	46	47	46
Ferno	28	27	26	27	27	31	28	29	29	29

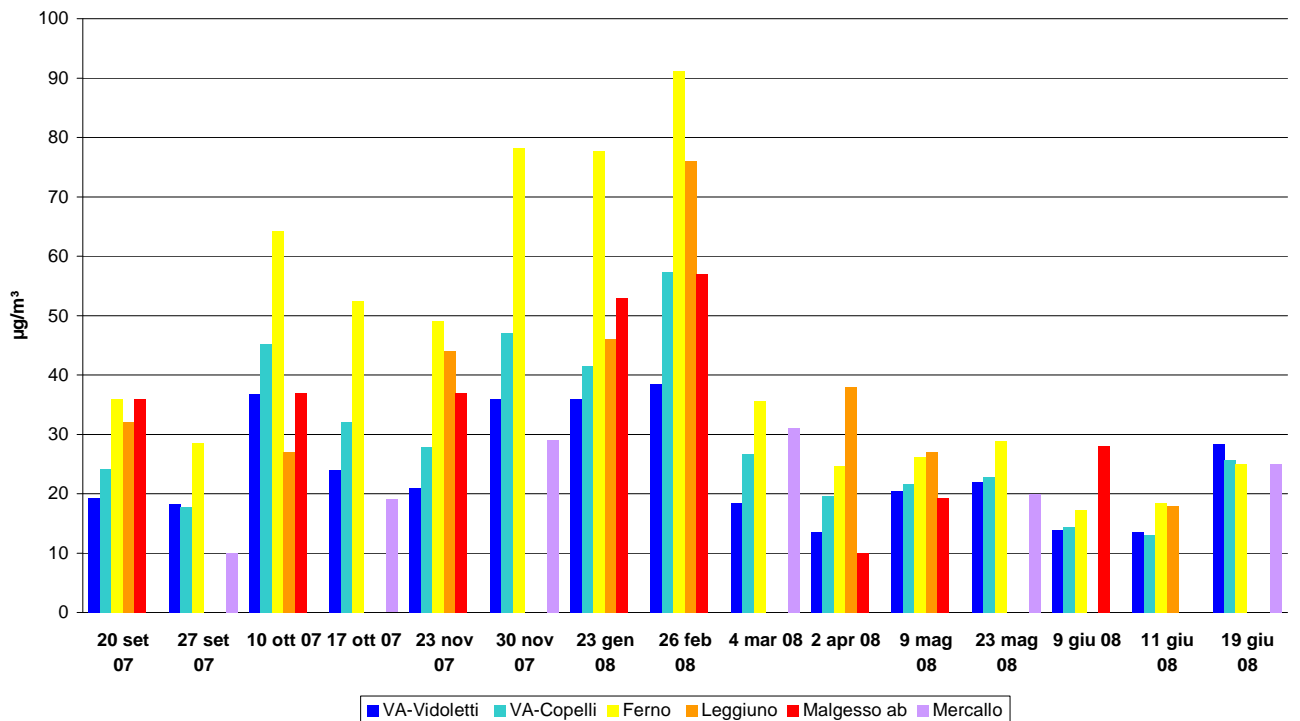
Di fatto la maggior parte delle stazioni mostra valori medi vicini a quelli delle stazioni di Varese Vidoletti e Ferno, che nell'anno 2007 non hanno superato il limite posto dal D.M. 60/02 per la concentrazione media annuale. Le stazioni che più si avvicinano ai valori medi di Varese Copelli sono quelle già citate prima, influenzate dal traffico (Sesto Calende, Malgesso abitazione, Leggiuno) o dalla collocazione in un contesto con valori di fondo più elevati (Vergiate): è teoricamente possibile un superamento del limite annuo di 40 µg/m³, sebbene, considerato il quadro emissivo, lo si ritenga improbabile a Malgesso e a Leggiuno,

Passando al PM₁₀, il quadro dei risultati, sempre con i medesimi raffronti con le cabine della rete fissa di monitoraggio, è riportato nei seguenti grafici.

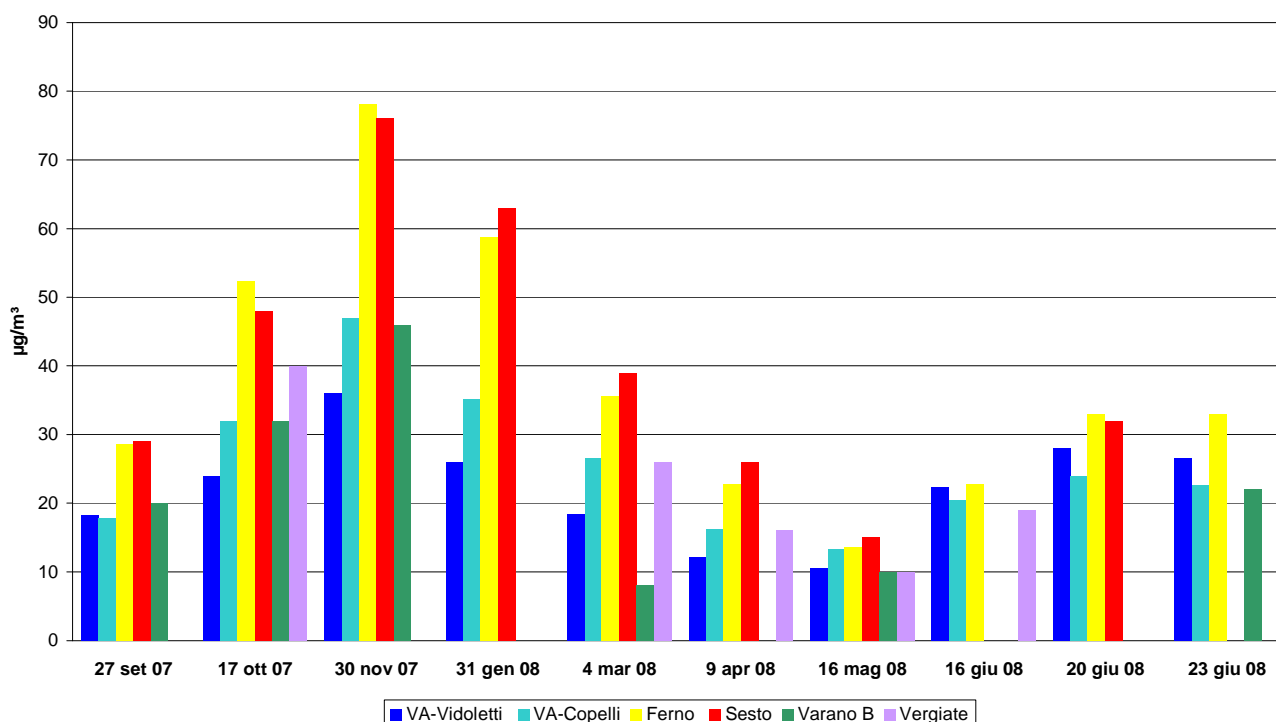
CONCENTRAZIONI MEDIE SETTIMANALI DI PM10



CONCENTRAZIONI MEDIE SETTIMANALI DI PM10



CONCENTRAZIONI MEDIE SETTIMANALI DI PM10



In questo caso il quadro dei risultati diventa più articolato e risulta più difficile separare siti “rurali” da siti influenzati dal traffico.

In effetti numerosi sono i fattori che entrano in gioco e che contribuiscono ad un innalzamento dei livelli anche in posizioni remote. Innanzitutto occorre sottolineare che il particolato è un inquinante ad elevata componente secondaria, che quindi, originando spazio-temporalmente non in prossimità delle sorgenti di emissione, può contribuire sensibilmente alle concentrazioni presenti in località relativamente remote. Secondariamente, non va dimenticato che il particolato primario, legato al traffico autoveicolare, ha una forte componente ultrafine che contribuisce però in modo esiguo alla massa. Infine, si ricorda che la combustione non industriale legata all’utilizzo di legna ha un fattore di emissione molto elevato e costituisce quindi un’importante sorgente diffusa laddove si ricorre frequentemente a questo tipo di combustione.

Il rendimento complessivo del campionamento di PM10 è stato inferiore rispetto a quello di NO₂, a causa di alcuni inconvenienti tecnici occorsi ai campionatori. Tuttavia la possibilità di confrontare sempre i valori ottenuti con la base dati continua costituita dalle stazioni della rete di monitoraggio ha permesso di poter elaborare comunque una griglia di confronto.

Concentrazioni medie di PM10 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$										
	Angera	Barza	Leggiuno	Malgesso abitazione	Malgesso Comune	Ispra	Mercallo	Sesto Calende	Varano Borghi	Vergiate
	37	32	39	35	42	23	22	41	23	22
VA- Vidoletti	25	25	25	25	31	23	25	22	22	17
VA - Copelli	32	31	31	31	38	29	29	27	27	22
Ferno	49	48	48	48	64	44	41	40	40	29

Va precisato subito che il dato medio più elevato, $42 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ottenuto a Malgesso Comune, non è rappresentativo, perché ottenuto sulla base di tre sole settimane di campionamento.

Tra le cabine della rete si osserva una distinzione tra i valori misurati a Varese, da un lato, e quelli presenti a Ferno, decisamente superiori. I valori medi misurati negli 8 comuni sono generalmente più vicini a quelli di Varese: fanno eccezione Sesto Calende e, in misura minore, Leggiuno. Il dato di Sesto Calende riconferma quanto emerso anche nel corso della campagna di misura con il laboratorio mobile già richiamata nel capitolo "Le conoscenze preesistenti".

Ricordiamo che Varese nel corso dell'anno 2007 è stata l'unica città della provincia che è riuscita a rispettare il limite imposto dalla normativa sulla concentrazione media annua e che ha avuto il minor numero di superamenti della media giornaliera. I dati ottenuti lasciano supporre che questa situazione potrebbe essere analoga anche alla maggior parte dei comuni in cui sono stati condotti i rilievi.

9 BIBLIOGRAFIA

<http://www.ambiente.regione.lombardia.it/inemar/inemarhome.htm>

http://www.arpalombardia.it/qaria/doc_RelazAnnualiProv.asp

http://www.arpalombardia.it/qaria/doc_CampagneMezziMob.asp

<http://www.euro.who.int/>

<http://www.apat.gov.it/site/it-IT/>

G.Bertoni, C. Ciuchini, "Prove di validazione di un campionatore diffusionale a geometria anulare" Atti del 13° Convegno di Igiene Industriale " Le giornate di Corvara", pag. 152, Corvara (BZ) 26-28 marzo 2007.

C. Ciuchini, G. Bertoni, C. " Impiego di un nuovo campionatore a simmetria radiale "Ring" in atmosfera industriale" Atti del 13° Convegno di ingegneria industriale " Le giornate di Corvara" pag. 396 Corvara (BZ) 26-28 marzo 2007.

10 APPENDICE: DATI MEDI SETTIMANALI

Si allegano i dati di PM10 e di NO₂ delle varie stazioni di campionamento confrontandoli con i dati della rete di rilevamento fissa dell'Arpa di Varese. Si riporta anche il dato degli ossidi di azoto della stazione di Leggiuno del 23 novembre scartato in fase di elaborazione perché ritenuto anomalo o comunque non congruo con una realtà modestamente trafficata ed urbanizzata quale quella ove era ubicata la stazione di campionamento.

10.1 Dati settimanali ossidi di azoto

Località	VA-Vidoletti	VA-Copelli	Ferno	Angera
data	μg/m ³	μg/m ³	μg/m ³	μg/m ³
20 set 07	28	40	27	9
10 ott 07	37	45	34	21
23 nov 07	37	47	35	43
23 gen 08	47	55	38	35
26 feb 08	41	60	28	39
2 apr 08	20	51	15	23
9 mag 08	22	35	25	12
14 giu 08	21	38	19	12
media	32	46	28	24

Località	VA-Vidoletti	VA-Copelli	Ferno	Malgesso ab
data	μg/m ³	μg/m ³	μg/m ³	μg/m ³
20 set 07	28	40	27	26
10 ott 07	37	45	34	16
23 nov 07	37	47	35	58
23 gen 08	47	55	38	66
26 feb 08	41	60	28	51
2 apr 08	20	51	15	35
9 mag 08	22	35	25	12
9 giu 08	18	35	16	29
media	31	46	27	37

Località	VA-Vidoletti	VA-Copelli	Ferno	Malgesso C
data	μg/m ³	μg/m ³	μg/m ³	μg/m ³
20 set 07	28	40	27	17
10 ott 07	37	45	34	16
23 nov 07	37	47	35	54
23 gen 08	47	55	38	60
26 feb 08	41	60	28	44
2 apr 08	20	51	15	30
16 mag 08	20	34	20	16
16 giu 08	20	38	21	22
media	31	46	27	32

Località	VA-Vidoletti	VA-Copelli	Ferno	Barza
data	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
20 set 07	28	40	27	16
10 ott 07	37	45	34	22
23 nov 07	37	47	35	39
23 gen 08	47	55	38	35
26 feb 08	41	60	28	55
2 apr 08	20	51	15	22
9 mag 08	22	35	25	24
9 giu 08	18	35	16	8
media	31	46	27	28

Località	VA-Vidoletti	VA-Copelli	Ferno	Leggiuno
data	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
20 set 07	28	40	27	26
10 ott 07	37	45	34	41
23 nov 07	37	47	35	113
23 gen 08	47	55	38	69
26 feb 08	41	60	28	47
2 apr 08	20	51	15	29
9 mag 08	22	35	25	34
11 giu 08	19	37	17	32
media	31	46	27	49

Località	VA-Vidoletti	VA-Copelli	Ferno	Ispra
data	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
17 ott 07	31	49	33	17
30 nov 07	51	58	45	30
31 gen 08	37	49	31	30
4 mar 08	34	54	33	28
10 apr 08	26	51	20	19
23 giu 08	17	42	22	8
media	33	50	31	22

Località	VA-Vidoletti	VA-Copelli	Ferno	Mercallo
data	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
27 set 07	29	37	25	25
17 ott 07	31	49	33	20
30 nov 07	51	58	45	45
31 gen 08	37	49	31	38
4 mar 08	34	54	33	37
16 apr 08	23	49	15	18
23 mag 08	19	38	21	14
19 giu 08	18	37	20	30
media	30	46	28	28

Località	VA-Vidoletti	VA-Copelli	Ferno	Sesto
data	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
27 set 07	29	37	25	29
17 ott 07	31	49	33	14
30 nov 07	51	58	45	60
31 gen 08	37	49	31	35
4 mar 08	34	54	33	44
9 apr 08	28	50	22	60
16 mag 08	20	34	20	43
20 giu 08	18	40	21	59
media	31	46	29	43

Località	VA-Vidoletti	VA-Copelli	Ferno	Varano B
data	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
27 set 07	29	37	25	11
17 ott 07	31	49	33	17
30 nov 07	51	58	45	37
31 gen 08	37	49	31	41
4 mar 08	34	54	33	39
9 apr 08	28	50	22	47
16 mag 08	20	34	20	13
23 giu 08	17	42	22	16
media	31	47	29	28

Località	VA-Vidoletti	VA-Copelli	Ferno	Varano B
data	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
27 set 07	29	37	25	11
17 ott 07	31	49	33	17
30 nov 07	51	58	45	37
31 gen 08	37	49	31	41
4 mar 08	34	54	33	39
9 apr 08	28	50	22	47
16 mag 08	20	34	20	13
23 giu 08	17	42	22	16
media	31	47	29	28

10.2 Dati settimanali PM10

Località	VA-Vidoletti	VA-Copelli	Ferno	Angera
data	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
20 set 07	19	24	36	<u>11</u>
10 ott 07	37	45	64	57
23 nov 07	21	28	49	41
23 gen 08	36	42	78	62
26 feb 08	39	57	91	68
2 apr 08	14	20	25	<u>22</u>
9 mag 08	21	22	26	19
14 giu 08	15	15	19	17
media	25	32	49	37

Località	VA-Vidoletti	VA-Copelli	Ferno	Barza
data	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
20 set 07	19	24	36	35
10 ott 07	37	45	64	37
23 nov 07	21	28	49	28
23 gen 08	36	42	78	38
26 feb 08	39	57	91	40
2 apr 08	14	20	25	22
9 mag 08	21	22	26	22
9 giu 08	14	14	17	36
media	25	31	48	32

Località	VA-Vidoletti	VA-Copelli	Ferno	Ispra
data	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
17 ott 07	24	32	52	19
30 nov 07	36	47	78	38
4 mar 08	18	27	36	17
10 apr 08	11	15	20	3
23 giu 08	27	23	33	37
media	23	29	44	23

Località	VA-Vidoletti	VA-Copelli	Ferno	Leggiuno
data	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
20 set 07	19	24	36	32
10 ott 07	37	45	64	27
23 nov 07	21	28	49	44
23 gen 08	36	42	78	46
26 feb 08	39	57	91	76
2 apr 08	14	20	25	38
9 mag 08	21	22	26	27
11 giu 08	14	13	18	18
media	25	31	48	39

Località	VA-Vidoletti	VA-Copelli	Ferno	Malgesso ab
data	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
20 set 07	19	24	36	36
10 ott 07	37	45	64	37
23 nov 07	21	28	49	37
23 gen 08	36	42	78	53
26 feb 08	39	57	91	57
2 apr 08	14	20	25	10
9 mag 08	21	22	26	19,3
9 giu 08	14	14	17	28
media	25	31	48	35

Località	VA-Vidoletti	VA-Copelli	Ferno	Mercallo
data	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
27 set 07	18	18	29	10
17 ott 07	24	32	52	19
30 nov 07	36	47	78	29
4 mar 08	18	27	36	31
23 mag 08	22	23	29	20
19 giu 08	28	26	25	25
media	25	29	41	22

Località	VA-Vidoletti	VA-Copelli	Ferno	Sesto
data	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
27 set 07	18	18	29	<u>29</u>
17 ott 07	24	32	52	<u>48</u>
30 nov 07	36	47	78	76
31 gen 08	26	35	59	63
4 mar 08	18	27	36	<u>39</u>
9 apr 08	12	16	23	<u>26</u>
16 mag 08	11	13	14	15
20 giu 08	28	24	33	32
media	22	27	40	41

Località	VA-Vidoletti	VA-Copelli	Ferno	Varano B
data	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
27 set 07	18	18	29	20
17 ott 07	24	32	52	32
30 nov 07	36	47	78	46
4 mar 08	18	27	36	8
16 mag 08	11	13	14	10
23 giu 08	27	23	33	<u>22</u>
media	22	27	40	23

Località	VA-Vidoletti	VA-Copelli	Ferno	Vergiate
data	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
17 ott 07	24	32	52	40
4 mar 08	18	27	36	26
9 apr 08	12	16	23	16
16 mag 08	11	13	14	10
16 giu 08	22	20	23	19
media	17	22	29	22